Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Marburg.
(Direktor: Prof. Dr. F. Klewitz.)

Ueber die Widmark'sche Blutprobe auf Alkohol

Eine experimentelle Nachprüfung auf Genauigkeit und praktische Verwendbarkeit des Verfahrens.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwüde
in der
Gesamten Medizin
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Friedrich Masius
aus Marburg-Lahn

Marburg 1934
Buchdruckerei H. Kilber Nachf., Marburg-L.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 21. Februar 1934.
Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.
Referent: Prof. Dr. Klewitz.

Das große gerichtliche Interesse, bei Delikten, die nach vorhergegangenem Alkoholgenuß begangen worden sind, den Einfluß des Alkohols auf den Täter und den Grad der Alkoholbeeinflussung objektiv nachweisen zu können, hat vor 3 Jahren in Schweden zur gerichtlichen Anwendung der Widmark'schen Blutprobe*) auf Alkohol geführt. Das Gericht ist also nicht mehr auf die subjektiven Zeugenaussagen angewiesen, die nur auf äußere Eindrücke und Untersuchungen gegründet sind, sondern es hat in der Bestimmung des Alkoholkonzentrationswertes des Blutes und in der durch sie ermöglichten Berechnung der konsumierten Alkoholmenge einen sicheren Beweis für Verschulden oder Nichtverschulden, das setzt voraus, daß das W'sche Verfahren als genügend zuverlässig und seine Anwendung als hinreichend einfach anerkannt ist.

Praktisch handelt es sich in erster Linie um Verschulden von Motorfahrzeugunfällen. In einem solchen Falle z. B. werden der in Verdacht stehenden Person von einem hinzugezogenen Arzte auf der Polizeistation drei Blutproben aus der Fingerbeere entnommen und diese zur Analyse in ein medizinisch-naturwissenschaftliches Institut eingeschickt.

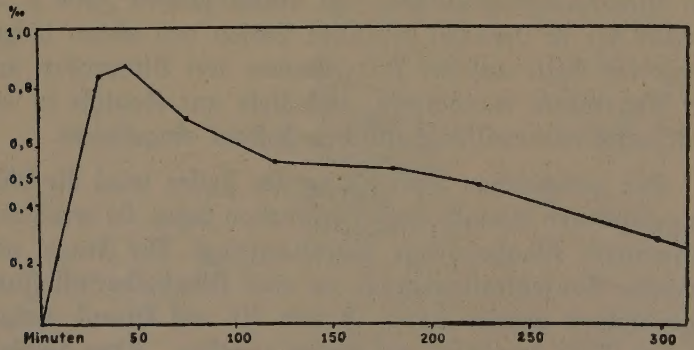
Der gerichtlichen Beurteilung des Falles wird die Höhe der gefundenen Blutalkoholkonzentration bezw. die errechnete konsumierte Alkoholmenge zugrundegelegt. Die Frage, von welchem Konzentrationsgrade an eine Alkoholbeeinflussung angenommen werden kann, ist von W. auf Grund einiger hundert Fälle empirisch entschieden worden. Eine absolute Grenze gibt es naturgemäß nicht, doch sind Werte über 2,0 ‰ bei der klinischen Beurteilung fast ausnahmslos als „sichtbar beeinflußt" befunden worden und solche unter 0,8 ‰ als „nicht beeinflußt". Bei den Konzentrationen zwischen 0,8 ‰ und 2,0 ‰ ist der Zusammenhang zwischen Diagnose und Konzentration weniger genau, es bleibt daher

*) Prof. Dr. E. Widmark, Lund.

dem Ermessen des Gerichtes überlassen, ob angenommen werden kann, daß das Delikt unter Alkoholeinfluß begangen worden ist; dabei ist die Höhe des Blutalkoholgehaltes neben den anderen Indizien von wesentlicher Bedeutung.

Ehe nun die W'sche Mikromethode zur Blutalkoholbestimmung einer eingehenden Prüfung unterzogen werden soll, muß zunächst auf ihre wissenschaftliche Grundlage, nämlich die Gesetze der Alkoholpassage durch den menschlichen Körper und das Verhalten des Alkohols im Organismus eingegangen werden.

Die Konzentrationskurve für den Blutalkoholgehalt, die man durch intermittierende, über eine Zeit von mehreren Stunden fortlaufende Alkoholbestimmungen bei einer Versuchsperson, die eine bestimmte Alkoholmenge zu sich genommen hat, erhält, ist schon seit längerer Zeit bekannt. Ihre genaue Deutung ist von W. erbracht worden.



Die typische Kurve (siehe Abbildung) zeigt unmittelbar nach der Alkoholkonsumption einen steilen, nur im letzten Teil etwas sanfteren Anstieg, der sein Maximum nach 15 bis 50 Minuten erreicht. Daran schließt sich sofort der Abstieg an, der zunächst jäh, dann flacher annähernd geradlinig erfolgt.

Die beschriebene Kurve bringt verschiedene Vorgänge im Organismus zum Ausdruck:

1. Die Resorption des Alkohols vom Magen-Darm ins Blut und
2. seine Diffusion vom Blut ins Gewebe.

Dieser Resorptionsperiode schließt sich

3. die postresorptive Phase an, die Zeit nach beendeter Alkoholaufnahme ins Blut und nach Erreichung des Diffusionsgleichgewichtes.

Die beiden ersten Prozesse, Resorption und Diffusion, vollziehen sich äußerst schnell und sind daher nicht nur von Individuum zu Individuum sehr variabel, sondern auch bei derselben Person bei verschiedenen Versuchen. Sie werden in der Hauptsache durch den aufsteigenden Schenkel der Kurve wiedergegeben, doch kann auch im absteigenden Kurventeil eine Resorption stattfinden, wenn die Diffussion größer als die Resorption ist.

Die postresorptive Phase beginnt etwa an der Stelle im absteigenden Ast der Kurve, an welcher der gleichmäßige annähernd geradlinige Abfall einsetzt. Den Kurvenabschnitt kurz vor und kurz nach dem Maximum, der als besonderer Gipfel imponiert, erklärt W. folgendermaßen:

Die Resorption des Alkohols in das Blut vollzieht sich bei nüchternem Magen vielfach so schnell, daß sie die Diffusion aus dem Blut übertrifft. Es muß dann für kurze Zeit zu einer Ansammlung des Alkohols im Blut kommen — sogenannte „temporaere Akkumulation“ — und gleich darauf, wenn Diffusion und Umsetzung die Resorption übertreffen, zu einer entsprechenden raschen Ausschüttung in die Gewebe. Diese beiden Vorgänge kommen kurvenmäßig durch einen verzögerten Anstieg bezw. plötzlicheren Abfall der Konzentrationswerte zum Ausdruck. Es ist leicht ersichtlich, daß die „temp. Akk.“ wegen der Variabilität der Resorptionsperiode nicht in allen Fällen zustande kommt, und überhaupt niemals bei vorhergegangener Nahrungsaufnahme, da der Alkohol dann langsamer resorbiert wird.

Es wurde schon gesagt, daß der absteigende Schenkel der Konzentrationskurve nach dem anfänglich steilen Abfall fast geradlinig verläuft, und daß diese gleichmäßige Abnahme der Konzentrationswerte der postresorptiven Periode entspricht. Der Körper verbrennt also konstant Alkohol in der Zeiteinheit. Dieses Verbrennungsvermögen — ausgedrückt durch β — kann mit folgender Formel einfach berechnet werden: $c_t = c_0 - \beta t$, worin βt die Konzentrationsabnahme im Blut in ‰ und pro Minute bedeutet, c_t die Konzentration im Blut zur Zeit t und c_0 die gedachte Konzentration, die im Btut vorhanden wäre, wenn im Augenblick der Konsumption Diffusionsgleichgewicht bestände. Den Wert für c_0 erhält man bei rückwärtiger Verlängerung des postresorptiven Kurventeils bis zum Schnittpunkt mit der Ordinate, die den ‰-Gehalt für die Zeit o angibt.

β ist unabhängig von der konsumierten Alkoholmenge und Konzentration und variiert nur in seiner Größe von Individuum zu Individuum. Sein Mittelwert beträgt nach den Untersuchungen W's 0,0025 ‰ mit den Grenzwerten ± 0,00056.

Mit Hilfe von c_0 läßt sich weiter die Gesamtmenge des Alkohols und die Verbreitung des resorbierten Alkohols im Organismus berechnen.

Hierzu ist es notwendig, das Verhältnis zwischen der Alkoholkonzentration im Organismus und im Blut nach eingetretenem Diffusionsgleichgewicht zu kennen. Wäre die Höhe beider Konzentrationswerte dieselbe, so würde Blutalkoholwert (in ‰) c multipliziert mit dem Körpergewicht (in kg) p gleich aufgenommener Alkoholmenge (in g) sein. Da jedoch die einzelnen Organe den Alkohol in verschiedener Konzentration aufnehmen — als Ursache wird u. a. die ungleichliche Löslichkeit des Alkohols in den Geweben angenommen — muß das Körpervolumen nach W. „auf einen solchen Wert reduziert werden", um in ihm die

Konzentration derjenigen im Blute gleichsetzen zu können, und W. bezeichnet diesen „Reduktionsfaktor" mit r. Die totale Alkoholmenge im Organismus (a) ist dann gleich c. p. r.

Der Faktor r ist nach W's Beobachtungen eine Konstante und ebenso wie β unabhängig von Menge und Konzentration des aufgenommenen Alkohols, variiert aber individuell. W. berechnet ihn nach der Formel:

$$r = \frac{A}{p \cdot c_0}$$

worin A die konsumierte Alkoholmenge in g, p das Körpergewicht in kg, und c_0 die gedachte Konzentration ist, die im Blut vorhanden wäre, wenn im Augenblick der Konsumption Konzentrationsgleichgewicht in Blut und Geweben bestände. Dieser theoretische c_0-Wert kann ohne Bedenken für die Berechnung verwandt werden; denn da in der postresorptiven Periode konstante Alkoholmengen in der Zeiteinheit umgesetzt werden, ist anzunehmen, daß der gleiche Vorgang während der Resorptionsperiode stattfindet. Als Mittelwert für r fand W. 0.68.

Schließlich läßt sich die in der Zeiteinheit und pro kg Körpergewicht umgesetzte Alkoholmenge (b) leicht nach der Formel $b = \beta . p . r$ berechnen, und die in der Stunde pro kg Körpergewicht umgesetzte Alkoholmenge analog nach der Formel $b = 60 . \beta . p . r$.

Zusammenfassend wären von den Forschungsergebnissen W's noch einmal besonders hervorzuheben: die Erklärung des Gipfels in der Konzentrationskurve, die Feststellung der Konstanz der Verbrennung des Alkohols, ausgedrückt durch β, und schließlich die Berechnung der Verbreitung des Alkohols im Organismus, charakterisiert durch den Faktor r.

Das Prinzip der W'schen Blutprobe auf Alkohol ist kurz folgendes: In einem 50 ccm Erlenmeyerkolben, dessen gut eingeschliffener Glasstopfen nach unten zu einem vertikalen Stiel mit einem ca 200 cmm fassenden Behälter ausgezogen

ist, wird eine genau abgemessene Menge Bichromatschwefelsäure gebracht. Das zu analysierende mit einem Kapillarröhrchen aus der Fingerbeere entnommene Blut wird in den kleinen Behälter eingeblasen, der Glasstopfen eingesetzt, und darauf der ganze Kolben für 2 Stunden bis zum Hals in ein Wasserbad von 50^0-60^0 getaucht. Der Alkohol destilliert in dieser Zeit aus dem Blut in die Bichromatschwefelsäure über und wird dann titrimetrisch bestimmt.

Zur Berechnung des Alkoholgehaltes der Probe ist es notwendig die Differenz zwischen dem Thiosulfatverbrauch der verwandten Bichromatschwefelsäure und dem Verbrauch der Blutprobe festzustellen. Den Blutproben müssen daher Blindproben (Kolben mit Bichromatschwefelsäure ohne Blut) hinzugefügt werden. Ferner braucht man den Vergleichsfaktor Thiosulfatlösung: Aethylalkohol. Er ist bekannt, und zwar entsprechen 0,01 ccm n/100 Thiosulfatlösung 1,13γ ($\gamma=0{,}001$ mg) Aethylalkohol oder 0,01 ccm n/200 Thiosulfatlösung 0,57 γ Aethylalkohol.

Es gilt dann die Formel:

$$\underline{x=(b-a)\cdot 1{,}13} \text{ bezw. } \underline{x=(b-a)\cdot 0{,}57},$$

worin x die gesuchte Alkoholmenge in γ,

b der Verbrauch der Blindprobe,

a der Verbrauch der Blutprobe

an n/100 bezw. n/200 Thiosulfatlösung in 1/100 ccm ist. Den prozentualen Alkoholgehalt der Probe erhält man schließlich durch Division von x durch das Gewicht der entnommenen Blutprobe, multipliziert mit 100.

Eine Reihe von Untersuchungen sollte die W'sche Blutprobe auf ihre Genauigkeit und praktische Verwendbarkeit prüfen, und es wurde dabei so vorgegangen, daß

1. zur Einarbeitung in die Methode Titerbestimmungen der zur Verwendung gelangenden Bichromatschwefelsäure,

2. Bestimmungen des Alkoholgehaltes bekannter Lösungen vorgenomen wurden.

3. wurden venös entnommenem Blut bekannte Alkohollösungen zugesetzt, und dann der Alkoholgehalt dieser Blutproben festgestellt.

4. wurden Konzentrationskurven von Versuchspersonen angelegt, welche nüchtern ein bestimmtes Quantum Aethylalkohol zu sich genommen hatten. Hierbei wurde besonderer Wert auf die Errechnung des Faktors r und der Konstanten β gelegt.

1.) Die Bichromatschwefelsäurelösung wurde nach der Angabe W's in drei Konzentrationen hergestellt,

1.) zur Bestimmung größerer Alkoholmengen bis zu 5‰ (sogen. „größere Modifikation")

2.) zur Bestimmung solcher unter 2‰ und

3.) zur Bestimmung eines Alkoholgehaltes unter 1‰ (sogen. „kleinere Modifikation")

Es wird 0,25 g (für Bestimmung 1),
0,10 g (für Bestimmung 2) und
0,05 g (für Bestimmung 3) reines umkristallisiertes Kaliumbichromat in je 1 ccm Wasser gelöst und in einen Meßkolben von 100 ccm eingebracht, darauf bis zur Marke reine konzentr. H_2SO_4 aufgefüllt.

Zur Titration jeder Konzentrationsprobe sind meistens drei Bestimmungen ausgeführt worden. Das Abmessen von je 1 ccm Bi-H_2SO_4 in den 50 ccm Erlenmeyerkolben wurde mit einer 5 ccm Mikrobürette vorgenommen. Diese Methode erschien zweckmäßiger und ebenso genau, wie das Ansaugen mit der Pipette und Einfließenlassen mit der Kontrolluhr, wie es W. vorschreibt.

Die Titration ist die übliche: Dem Kolben mit der

Bi-H_2SO_4 werden 25 ccm aqua dest., darauf nach vorsichtigem Umschütteln 1/2 ccm 5% jodatfreie Jodkaliumlösung und einige Tropfen einer 1% Stärkelösung zugesetzt. Darauf tropfenweise Zugabe der n/100 Thiosulfaltlösung aus der 5 ccm Mikrobürette („größere Modifikation") bezw. der n/200 Lösung („kleinere Modifikation") bis zur Entfärbung.

Die Thiosulfatlösung muß für jeden Versuch neu hergestellt werden. Die Reinigung der Kolben geschieht mit Bichromatschwefelsäure, Wasser, dest. Wasser und schließlich Austrocknen im Trockenschrank. Als Werte für den Titer der Bichromatschwefelsäure, der sich allmählich infolge Redukion des Bichromats durch die Schwefelsäure verändert, wurden z. B. gefunden (je 3 Bestimmungen):

Für Konzentration	1)	9,28	9,28	9,26
„ „	2)	3,42	3,43	3,44
„ „	3)	1,63	1,64	1,64

2) Zur Herstellung einer bekannten Alkohollösung wurde 1 ccm absoluten Alkohols in einen 100 ccm Kolben überführt, dieser vor und nach der Zugabe auf 1 mg genau gewogen und mit dest. Wasser auf 100 g aufgefüllt. Die Differenz betrug 0,901 g; zur Bestimmung wurde die halbe Verdünnung, also 0,45% Alkohollösung verwandt. Zum Abmessen der zu analysierenden Probe dieser Lösung dienten doppelt gebogene Kapillarröhrchen von 200—300 mg Gewicht und 100—150 cmm Fassungsvermögen. Sie füllen sich durch Eintauchen in die Flüssigkeit von selbst. Nach Wägung anf der Torsionswage wird ihr Inhalt mit einem kleinen Gummischlauch in den am unteren Ende des Kolbenstiels befindlichen Behälter ausgeblasen. Die entleerte Kapillare wird erneut gewogen, die Differenz der beiden Wägungen ergibt das Gewicht der Probe. Jede Kapillare wird nur einmal verwandt. Die vorher mit Bichromatschwefelsäure beschickten Kolben werden nach Einfügen des

Glasstopfens mit der Alkoholprobe für die Dauer von 2 Stunden in ein Wasserbad von 50—60° gebracht. Zwecks luftdichten Verschlusses der Kolben wird zuvor ein Tropfen Wasser auf den oberen Rand der Schliffflächen von Kolben und Kolbenhals gefügt und darauf eine Gummikappe über den Kolbenhals gezogen. Die Kölbchen stehen bis zum Hals im Wasser.

Die Titration vollzieht sich wie oben beschrieben. In insgesamt 14 Bestimmungen wurden befriedigende Resultate erhalten. Zur Kontrolle wurden meist gleichzeitig 3—4 Proben derselben Alkoholkonzentration und drei Leerproben angesetzt. Von derselben Alkohollösung wurden außerdem mehrere Bestimmungen ausgeführt. Für die erwähnte 0,45%ige Alkohollösung wurden z. B. folgende Werte erhalten, bei der

	Probe I	II	III	IV
1. Bestimmung:	0,41%	0,41%	0,42%	—
2. „ :	0,43%	0,41%	0,40%	0,40%
3. „ :	0,44%	0,42%	0,43%	0,43%

Für eine andere Alkohollösung wurden folgende ebenfalls gut übereinstimmende Werte gefunden:

	Probe I	II	III	IV
1. Bestimmung:	0,35%	0,36%	0,35%	—
2. „ :	0,34%	0,34%	0,33%	0,34%
3. „ :	0,34%	0,33%	—	—

Der Berechnung wurde die oben genannte Formel zugrundegelegt:

$x = 0{,}57\ (b-a)$, worin x die gesuchte Alkoholmenge in γ, b den Verbrauch der Blindprobe und a den Verbrauch der Blutprobe an n/100 Thiosulfatlösung in 1/100 ccm bedeutet.

3) Es sollte der Alkoholgehalt einer Blutprobe mit bekannter Alkoholkonzentration bestimmt werden, um die W'sche Methode auf ihre Genauigkeit zu prüfen. Dazu wurden einer Person, die mindestens 24 Stunden vorher

keinen Alkohol genossen hatte, 30 ccm Venenblut entnommen. Das Blut wurde, um die Gerinnung zu verhindern, entweder mit Natr. citric. oder mit Fluorid versetzt. Nun wurde eine wie oben beschrieben hergestellte etwa 1%ige Alkohollösung nach nochmaliger 10-facher Verdünnung mit dem Blut gut vermischt; und zwar wurden drei Mischungsverhältnisse gewählt:

1.	8,5 ccm	Blut	+ 1,5 ccm	Alkohol
2.	9,0 „	„	+ 1,0 „	„
3.	9,5 „	„	+ 0,5 „	„

Die Sollwerte betrugen z. B. bei einer 0,937%igen Alkohollösung für das

1.	Mischungsverhältnis	1,41‰
2.	„ „	0,94‰
3.	„ „	0,47‰

Erhalten wurden bei der Bestimmung enſprechend die Werte:

für 1) 1,40‰
„ 2) 0,93‰
„ 3) 0,49‰

Das sind jedesmal die Mittelwerte von je drei Proben.

Außer den drei Leerversuchen wurde noch eine Probe mit Blut ohne Alkoholzusatz eingereiht und als Vergleichswert für die Blutproben mit Alkoholzusatz genommen. Es ergab sich fast völlige Uebereinstimmung der Titrationswerte der Blutleer- und der Leerbestimmungen. Der normale Alkoholgehalt ist demnach so gering, daß er in die Fehlergrenze des Verfahrens fällt. Theoretisch betrüge er die Differenz der Konzentrationswerte: Blutprobe mit Alkoholzusatz — Blutleerprobe. Praktisch ist jedoch die W'sche Methode als eine Reduktionsprobe hierfür zu ungenau.

Die Wägung auf der Torsionswage, das Einbringen

ins Wasserbad und die Titration wurden so wie oben beschrieben vorgenommen.

4) Insgesamt 13 Bestimmungen wurden an Versuchspersonen, welche vorher ein bestimmtes Quantum Alkohol zu sich genommen hatten, ausgeführt und kurvenmäßig registriert. Als Probetrunk wurde absoluter Alkohol verwandt, der in Verdünnung als 25—30%iger Alkohol und in Menge von 200 ccm getrunken wurde. Um immer unter gleichen Versuchsbedingungen zu arbeiten, mußte die betreffende Person nüchtern sein und durfte mindestens 24 Stunden vorher keinen Alkohol konsumiert haben.

Nach einer Nüchtern-Blutentnahme wurde der Probetrunk gegeben, und nun in Abständen von 15—30 Minuten über eine Zeit von 200—500 Minuten Blutproben entnommen. Dabei wurde so vorgegangen: Mit einer Franck'schen Nadel wird an einer Fingerbeere eine Hautwunde gesetzt und der kurze Schenkel der kleinen Kapillare in den hervorquellenden Blutstropfen getaucht, solange bis sich die Kapillare gefüllt hat; dieser Vorgang kann durch vorsichtiges Ansaugen mit einem Gummischlauch beschleunigt werden. Darauf Säubern des kurzen Schenkels von Blut, Wiegen der Kapillare auf der Torsionswage, Ausblasen des Blutes mit Hilfe des Schlauches in den Behälter am Stiel des Kolbenstopfens, Einfügen des Glasstopfens in den Kolben und nochmaliges Wiegen der jetzt entleerten Kapillare. Die Kapillaren werden vor der Verwendung mit einer Fluoridlösung gefüllt (dest. Wasser 50 g, Methylalkohol 50 g, Kaliumoxalat 0,1 g, Kaliumfluorid 0,5 g), um eine Gerinnung des Blutes zu verhindern, und danach im Trockenschrank getrocknet. Zu beachten ist ferner, daß die Haut des Fingers nur mit Wasser oder Sublimat gereinigt wird.

Nachdem die Kolben 2 Stunden vollständig eingetaucht im Wasserbad gestanden haben, werden sie vorsichtig herausgenommen, und die Proben nach dem Abkühlen titriert.

Es war meistens mit den drei Leerversuchen und den 1—2 Nüchternblutproben eine Serie von 18—24 Kölbchen. Jedesmal wurden gleichzeitig 3—2 Blutproben entnommen und von den titrierten Analysen die Mittelwerte genommen. Diese werden auf die Ordinate des Koordinatensystems eingezeichnet, auf die Abszisse wird die dazugehörige Zeit der Blutentnahme eingesetzt.

Bei einer Versuchsperson von 24 Jahren mit einem Körpergewicht von 74,9 kg, welche nüchtern 200 ccm 25%igen Aethylalkohol getrunken hatte, wurde z. B. eine Konzentrationskurve, wie sie die Abbildung zeigt, gewonnen. Das Maximum der Blutalkoholkonzentration wurde hier nach 45 Minuten mit einem Werte von 0,87‰ erreicht. Der Konzentrationsgipfel, der die „temporaere Akkumulation" und die entsprechend raschere Ausschüttung des Alkohols wiedergibt, kommt gut zum Ausdruck. Daran schließt sich der in der Zeiteinheit konstante Konzentrationsfall β an, pro Minute hier 0,00209‰. Das ergibt sich aus der Formel:

$$c_t = c_o - \beta t$$
$$0,47 = 0,94 - \beta .\ 225.$$

Der Wert für c_o wird durch Ausziehen des Teils des absteigenden Kurvenschenkels, der sicher der postresorptiven Periode entspricht, nach rückwärts bis zum Schnittpunkt mit der Ordinate erhalten.

Für den Faktor r, der die Verteilung des Alkohols im Organismus charakterisiert, wird bei der Berechnung nach der früher erwähnten Formel:

$$r = \frac{A}{p \cdot c_o} \quad \text{d. i.} \quad \frac{50}{74 \cdot 0,94}$$

der Wert 0,71 gewonnen. Damit stimmen beide Zahlen mit den von W. genannten Mittelwerten für β und r überein.

Bei einer Reihe von Versuchen wurden für r und β folgende Werte gefunden:

	r	β	Körpergewicht
v. St.	0,87	0,00340	63,3 kg
.W K.	0,90	0,00230	61,5 „
F. M.	0,89	0,00210	56,0 „
F. S.	0,89	0,00255	63,3 „
J. R.	0,71	0,00209	74,9 „
v. B.	0,79	0,00324	72,5 „
G.	0,86	0,00200	75,0 „

Während W. als höchsten Wert für r 0,86 fand, und als Regelwerte 0,55—0,77, zeigt diese Zusammenstellung als höchsten Wert 0,90 und durchschnittlich höhere Werte. Das ist dadurch zu erklären, daß die Versuchspersonen hier meistens ein relativ niedriges Körpergewicht haben; die Verteilung des Alkohols zwischen Blut und Geweben wird sich daher gleichmäßiger vollziehen als bei Personen mit stärkerem Fettansatz, bei denen wegen der geringen Löslichkeit verdünnten Alkohols in Fett die Alkoholkonzentration im Blut überwiegt und der Reduktionsfaktor r folglich kleiner ist. Die Erklärung deckt sich mit den Beobachtungen W's, der bei Frauen im Allgemeinen niedrigere r-Werte fand, als bei Männern.

Die Werte für β entsprechen den von W. angegebenen. (W. fand als Mittelwert 0,0025 ± 0,00056 und als höchsten Wert 0,00400). Er hat auch keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern bezüglich der Konstanten β festgestellt.

Die Unabhängigkeit in der Größe der Faktoren r und β von konsumierter Menge und Konzentration des Alkohols wurde durch meine Versuche bestätigt.

Wenn es sich auch bei meinen Bestimmungen um Laboratoriumsversuche handelt, bei denen also durchweg mit kleineren Quantitäten Alkohol gearbeitet wurde, so kann doch jede Probe ohne weiteres für einen praktisch-gerichtlichen Fall angenommen werden. Bekannt ist bei der Analyse der Zeitpunkt der Blutentnahme, das Körpergewicht, sowie

die ſeit der Alkoholkonſumption verſtrichene Zeit. Berechnet werden ſoll die getrunkene Alkoholmenge nach Beſtimmung des prozentualen Alkoholgehaltes zur Zeit der Entnahme.

In einem als Beiſpiel dienenden Verſuch handelt es ſich um einen 21-jährigen Studenten mit dem Körpergewicht von 67,5 kg. Die Blutprobe wurde 195 Minuten nach dem Alkoholtrunk entnommen und ergab bei der Beſtimmung einen Alkoholgehalt von 0,41‰.

Aus dieſem Wert wird zunächſt die zur Zeit der Ent-nahme im Körper vorhandene Alkoholmenge berechnet und zwar nach der Formel: $c \cdot p \cdot r$ ($c =$ gefundene Blut-alkoholkonzentration, $p =$ Körpergewicht in kg, $r =$ Reduktions-faktor mit Mittelwert 0,68), das ſind 18,8 g. Dann wird die in der Stunde umgeſetzte Alkoholmenge nach der For-mel: $60 \cdot p \cdot r \cdot \beta$ beſtimmt (Mittelwert für $\beta = 0{,}0025$), und der erhaltene Wert 6,9 g mit der bis zur Blutentnahme verfloſſenen Stundenzahl, nämlich 3,25 multipliziert. Durch Addition dieſer in 3,25 Stunden umgeſetzten Alkoholmenge von 22,4 g zu dem oben genannten Wert von 18,8 g be-kommt man als Reſultat eine Alkoholkonſumption von 41,2 g.

Dieſe errechnete Zahl ſtimmt mit der tatſächlich ge-trunkenen Alkoholmenge, die ja in unſerem Falle bekannt war, praktiſch überein. (In 200 ccm Probetrunk waren enthalten: 50 ccm = 39,8 g Alkohol.) Für die gerichtliche Beſtimmung wäre allerdings noch eine Berückſichtigung der Grenzwerte von r und β erforderlich.

Der Probetrunk wurde ſtets nüchtern und meiſtens kalt getrunken. Nach 75 Minuten wurde Nahrungsauf-nahme geſtattet; da zu dieſer Zeit die Reſorption ſicher be-endet iſt, kommt ein Einfluß auf die Konzentrationswerte nicht mehr in Frage. Bei Erwärmung des Getränkes auf ca 50° unter ſonſt gleichen Verſuchsbedingungen wurde in drei Fällen ein um 1—2,5‰ niedrigeres und in zwei Fällen ein um 30—60 Minuten ſpäter erreichtes Maximum beobachtet,

in einem Falle war der Zeitpunkt des Maximums derselbe. Der Uebertritt des warmen Alkohols in die Gewebe erfolgt danach anscheinend schneller als der des kalten. Von Kionka wird ein Temperatureinfluß ebenso ein solcher des Kohlensäuregehaltes des Getränkes bestritten.

In einer Uebersicht sollen nun die Versuchsergebnisse zusammengestellt werden. Bei Einzeichnung der gefundenen Konzentrationswerte mit der entsprechenden Zeit der Entnahme in ein Koordinatensystem erhält man leicht die Konzentrationskurven.

1. Fall. (Trunk: 240 ccm 15%igen Alkohols)

nach	15	Min.	0,13‰	Blutalk.
„	30	„	0,43‰	„
„	50	„	0,34‰	„
„	80	„	0,27‰	„

2. Fall. (Trunk: 200 ccm 25%igen Alkohols)

Nach	15	Min.	0,85‰	Blutalk.
„	30	„	0,67‰	„
„	45	„	0,66‰	„
„	105	„	0,48‰	„

3. Fall. (Trunk: 200 ccm 25%igen Alkohols)

nach	15	Min.	0,95‰	Blutalk.
„	30	„	0,86‰	„
„	45	„	0,81‰	„
„	75	„	0,72‰	„
„	105	„	0,68‰	„

4. Fall. (Trunk: 200 ccm 25%igen Alkohols)

Nach	15	Min.	0,33‰	Blutalk.
„	20	„	0,35‰	„
„	30	„	0,44‰	„
„	45	„	0,51‰	„
„	75	„	0,60‰	„
„	105	„	0,47‰	„
„	155	„	0,46‰	„
„	380	„	0,11‰	„

5. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach	15	Min.	0,88‰	Blutalk.
	25	„	0,82‰	
	30	„	0,63‰	
	45	„	0,68‰	
	75	„	0,60‰	
	105	„	0,56‰	
	200	„	0,23‰	

6. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach	15	Min.	0,54‰	Blutalk.
	30	„	0,60‰	
	50	„	0,64‰	
	75	„	0,60‰	
	195	„	0,41‰	

7. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach 15 Min.	0,71‰	Blutalk.
30 „	0,72‰	
45 „	0,54‰	
75 „	0,48‰	
105 „	0,56‰	
200 „	0,37‰	

8. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach 15 Min.	0,41‰	Blutalk.
30 „	0.47‰	
45 „	0,71‰	
75 „	0,52‰	
105 „	0,53‰	
200 „	0,21‰	

9. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach 15 Min.	0,60‰	Blutalk.
30 „	0,67‰	
45 „	0,67‰	
75 „	0,52‰	
105 „	0,48‰	
200 „	0,39‰	

10. Fall. (200 ccm 30% Alk.)

nach 30 Min.	1,36‰	Blutalk.
45 „	1,19‰	
75 „	1,03‰	
120 „	0,80‰	
180 „	0,60‰	
315 „	0,26‰	
390 „	0,19‰	

11. Fall. (200 ccm 30% Alk.)

nach 30 Min.	1,35‰	Blutalk.
45 „	1,14‰	
75 „	1,11‰	
120 „	0,95‰	
180 „	0,66‰	
240 „	0,55‰	
405 „	0,35‰	
570 „	—	

12. Fall. (200 ccm 25% Alk.)

nach 30 Min.	0,84‰	Blutalk.
45 „	0,87‰	
75 „	0,69‰	
120 „	0,54‰	
180 „	0,53‰	
225 „	0,47‰	
315 „	0,29‰	

13. Fall. (200 ccm 30% Alk.)

nach 30 Min.	0,31‰
„ 45 „	0,48‰
„ 75 „	0,59‰
„ 120 „	0,73‰
„ 180 „	0,66‰
„ 405 „	0,13‰
„ 495 „	—

Die höchste Alkoholkonzentration des Blutes wurde in den meisten Fällen nach 15—45 Minuten erreicht, in einem

Falle nach 75 Min. (Fall 4) und in einem erst nach 120 Min. (Fall 13). Das deckt sich mit den Angaben von W., dell'Acqua und Schweisheimer.

Der Kurvenverlauf ist mit Ausnahme der beiden eben genannten Fälle (Nr. 4 und 13) mit langsamem Anstieg der Konzentrationswerte typisch, also rasches Steigen bis zur Erreichung des Maximums nach 15—30, spätestens nach 45 Minuten, darauf allmählicher, meist gleichmäßiger Abfall. Der Zeitpunkt der vollständigen Elimination des Alkohols aus dem Blut ist schwer abzupassen; später als 8—9 Stunden nach der Konsumption wurde bei den hier gegebenen Konzentrationen Alkohol jedenfalls nicht mehr nachgewiesen.

Bei einer Versuchsperson, die am Abend 75 ccm absol. Alkohol in etwa 225 ccm Wasser von 50° getrunken hatte, wurde nach 12 Stunden die Blutanalyse vorgenommen; die Titrationswerte waren dieselben, wie die der Leerversuche, Alkohol in nachweisbaren Mengen war somit nicht mehr vorhanden.

Der physiologische Blutalkoholgehalt mußte wie überhaupt bei allen Versuchen unberücksichtigt bleiben. Die W'sche Methode ist dazu, wie schon oben gesagt, nicht geeignet, da Bichromat außer von Äthylalkohol auch von Methylalkohol, Azeton und anderen Stoffen reduziert wird. Der natürliche Alkoholgehalt wird von Kühn auf 0,0006 bis 0,0051% angegeben, andere Verfasser schätzen ihn auf 0,003%. Er liegt damit innerhalb der Fehlergrenze der Methode, und seine Außerachtlassung gibt keine falschen Resultate. Trotzdem wurden zur Kontrolle die Blindproben, die vor dem Alkoholtrunk entnommen wurden, mit eingereiht, also Kölbchen mit Blut ohne Alkohol. Der geringe Unterschied oder die Uebereinstimmung dieser Titrationswerte mit denen der Leerversuche bestätigt die Feststellung W's.

Der Konzentrationsgipfel (die temporaere Akkumulation)

kommt wieder mit Ausnahme der beiden genannten Fälle stets gut zum Ausdruck. Die Höhe des Konzentrationsmaximums ist im Allgemeinen proportional der konsumierten Alkoholkonzentration, doch gibt es auch hierbei individuelle Verschiedenheiten. So wurde z. B. in Fall 13 nach Einnahme von 30%igem Alkohol als höchster Wert nur 0,73‰ erreicht, während bei den Parallelproben Kurvenhöhen von über 1‰ gefunden wurden. (Fall 10 und 11.)

Zu erwähnen ist noch, daß meine Versuche sämtlich an gesunden Studenten und Nichtgewohnheitstrinkern ausgeführt wurden. Beobachtungen an Kranken liegen nur in sehr geringer Zahl vor. W. stellte bei Hyperthyreoidismus erhöhte Nüchternblutalkoholwerte und eine flachere Konzentrationskurve fest, bei Diabetes mellitus normale Nüchternwerte und steile, hohe Kurven, bei Adipositas etwas höheren Alkoholgehalt bei Nüchternheit und einen etwa normalen Kurvenverlauf nach Alkoholkonsumption. Lega fand in 11 Fällen von Lebercirrhose nach Alkoholzufuhr einen viel schnelleren Kurvenanstieg und einen rascheren -abstieg als bei Gesunden; er schlägt daher die Blutalkoholprobe als Leberfunktionsprüfung vor.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse meiner experimentellen Nachprüfung erfüllt die W'sche Blutprobe zur Alkoholbestimmung die Anforderungen für eine praktische Verwendung. Die Analyse ergibt genügend genaue Werte und erfordert nur die für eine Mikromethode stets notwendige Einübung in die Methode. Aber auch die vom praktischen Arzt vorzunehmende Technik der Entnahme einer geringen nicht genau bemessenen Blutprobe aus der Fingerbeere ist höchst einfach und hat wesentliche Vorzüge vor anderen älteren Verfahren, z. B. dem von Naville-Nicloux, welche mindestens 1 bis 2 ccm Blut erfordern.

Eine breitere praktisch gerichtliche Anwendung der W'schen Blutalkoholbestimmung, die bisher noch auf Schweden beschränkt ist, wäre daher gerechtfertigt und wünschenswert.

Zusammenfassung.

Die von Widmark angegebene Mikromethode zur Blutalkoholbestimmung wird in der vorliegenden Arbeit einer Nachprüfung unterzogen. Von den Ergebnissen ist hervorzuheben:

1. Bestimmungen des Alkoholgehaltes in stark verdünnten wässerigen Lösungen ergaben gute Uebereinstimmung der gefundenen und berechneten Werte.

2. Bei Zusatz abgemessener Alkoholmengen zu alkoholfreiem Blut wurde die zugegebene Alkoholmenge mit einer für eine Mikromethode befriedigenden Genauigkeit wiedergefunden. Die Abweichungen von den Sollwerten überschritten in der Regel nicht 5%, bei den forensisch wichtigen höheren Alkoholkonzentration wurde noch bessere Uebereinstimmung gefunden.

3. An Versuchspersonen, die nüchtern eine bestimmte Menge Aethylalkohol zu sich genommen hatten, wurden Konzentrationskurven des Blutalkoholgehaltes aufgenommen. In diesen Versuchen wurde der typische von Widmark angegebene Kurvenverlauf gefunden: Bei steilem Anstieg der Konzentrationskurve wurde das Blutalkoholmaximum in der Regel nach 15 bis 45 Minuten erreicht. Es schließt sich ein gleichmäßiger Abfall der Kurve an, bis nach etwa 8 bis 9 Stunden der Alkoholgehalt unter die Grenzen der Bestimmbarkeit gesunken ist.

Der fast geradlinige Verlauf des absteigenden Kurvenastes läßt darauf schließen, daß die Intensität der Alkoholverbrennung annähernd unabhängig von Menge und Konzentration des aufgenommenen Alkohols ist. Da weiterhin die individuellen Schwankungen des Verbrennungsvermögens nur in relativ engen Grenzen liegen, ergibt sich — und hierin liegt der besondere forensische Wert des Verfahrens — die Möglichkeit, bei Kenntnis des Körpergewichts, des Blutalkoholsgehalts zu einem bestimmten Zeitpunkt

sowie der Zeit, die seit dem Alkoholgenuß verstrichen ist, rückläufig die Größe der genossenen Alkoholmenge zu berechnen. Notwendig ist hierzu noch die Kenntnis eines Reduktionsfaktors, der bei Berechnung der im Körper insgesamt noch vorhandenen Alkoholmenge die ungleiche Verteilung des Alkohols zwischen Blut und übrigem Körpergewebe zu berücksichtigen gestattet. Dieser Reduktionsfaktor wurde ebenso wie der Intensitätsfaktor der Alkoholverbrennung für die in der Arbeit mitgeteilten Versuche ermittelt, es wurden hierbei Werte erhalten, die den von Widmark angegebenen sehr nahe kommen. Weiterhin wird ein Beispiel für das Vorgehen bei Berechnung der zugeführten Alkoholmenge auf Grund einer einmaligen Blutalkoholbestimmung gegeben.

4. Es wird kurz auf die forensische Bedeutung der Widmark'schen Blutalkoholbestimmung hingewiesen.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Klewitz für die Ueberlassung des Themas, sowie Anregungen zu dieser Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen. Gleichzeitig möchte ich Herrn Dr. Habs für die liebenswürdige Beratung und allen Studenten, die sich zu meinen Versuchen bereitwilligst zu Verfügung stellten, bestens danken.

Literaturverzeichnis.

Dell'Acqua: Ueber alimentäre Alkoholämie. (Klin. Wochenschr. 1932, I, 330—332).

Kionka: Alkohol im Blute. (Kongr. Zentr. Bl. 50, 4, 1928.)

Kühn: Alkohol im Blute nach Kohlehydrat- und Alkoholzufuhr. (Kongr. Zentr. Bl. 38, 269, 1925.)

Lega: Alkoholaemie als Leberfunktionsprüfung. (Kongr. Zentr. Bl. 59, 490, 1931.

Schweisheimer: Der Alkoholgehalt des Blutes unter verschiedenen Bedingungen. (Kongr. Zentr. Bl. 5, 161, 1913.)

Sjövall: Die Widmark'sche Blutprobe auf Alkohol. (Med. Welt 1931, Nr. 26 und 27.)

Widmark: Mikromethode zur Alkoholbestimmung. (Biochemische Zeitschrift 1922, 131 Heft 4—6, 473—484.)

Widmark: Die theoretischen Grundlagen und die praktische Verwendbarkeit der gerichtlich-medizinischen Alkoholbestimmung.

Literaturverzeichnis.

Lebenslauf.

Am 10. September 1908 wurde ich, Friedrich Masius, als Sohn des verstorbenen Hauptmanns Friedrich Masius und seiner Ehefrau Marie, geb. v. Geyso, in Marburg-Lahn geboren. Nach dreijähriger Vorschulzeit besuchte ich dort das humanistische Gymnasium, an welchem ich im Frühjahr 1927 die Reifeprüfung bestand.

In den vorklinischen Semestern studierte ich in München und Marburg; hier machte ich im Frühjahr 1930 die ärztliche Vorprüfung Nach weiteren fünf Studiensemestern an den Universitäten München, Berlin und Marburg bestand ich mein medizinisches Staatsexamen am 26. Januar 1933 in Marburg.

Vom 15. Februar bis zum 15. September 1933 war ich an der Med. Poliklinik der Universität Marburg, anschließend auf der Chirurg. Abteilung des Kaiser Wilhelm Krankenhauses in Köslin als Medizinalpraktikant tätig. In dieser Stellung befinde ich mich heute noch.

Meine akademischen Lehrer waren

in Marburg: Alverdes, Arndt †, v. Auwers, Baur, Boeminghaus, Claussen, Dittler, Eimer, Enke, Freudenberg, Göppert, Grüneisen, Grüter, Hildebrandt, Jakobshagen, Kehrer, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Kutscher, Mauz, Meerwein, Nauk, Naujoks, Neumann, Pfannenstiel, Ruete, Schwenkenbecher, Strecker, Uffenorde, Versé, Wiedhopf.

in München: Bürkle, Borst, Jahrig, v. Frisch, Knorr, Lexer, v. Müller, Mollier, Polano, v. Seuffert, Vogt, Wieland, Wien.

in Berlin: Adam, v. Bergmann, Blumenthal, Horning, Heymann, Sauerbruch, Stoeckel, Wollheim.